

Ternus display 知覚に背景運動が与える影響

河邊隆寛*・三浦佳世**

九州大学大学院 *人間環境学府・**人間環境学研究院

〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎 6-19-1

1. はじめに

2種類の運動知覚が存在する。我々の視覚系は外界に存在する時空間的に連続した滑らかな像の変化を運動として知覚・解釈することができる。この知覚を実際運動知覚 (real motion perception) と呼ぶ。我々の視覚系は、また、時空間的に不連続な像の変化でさえ、ある条件下においては滑らかな運動として知覚することができる。この知覚を仮現運動知覚 (apparent motion perception) と呼ぶ。実際運動知覚においては像の変化が時空間的に連続であるために、運動対象は連続的に識別される。その一方で仮現運動知覚においては像の変化が時空間的に連続でないために、現在のフレーム内の対象が引き続くフレーム内のどの対象と一致・対応した対象であるかを視覚系は識別しなければならない。この問題を仮現運動における対応問題 (corresponding problem) と呼ぶ¹⁾。

対応問題は様々な条件下において調べられており、特に両義的仮現運動 (bi-stable apparent motion) を生じさせる事態における対応は、複数の可能性をもった対象の中から一つの対応する対象を決定するといった複雑な運動検出を解明する手がかりとして注目されている。両義性仮現運動を与える刺激において、中でも様々な側面から関心が寄せられているのは、Ternus display (TD) である。Ternus (1926)²⁾ は、図1に示したような両義的仮現運動について見えを検討した。彼は TD における両義的仮現運動に

は、運動しない対象の現象的同一性 (phenomenal identity) が関与していると記述している。

様々な研究者がTDにおける運動の見えに関する時空間的要因について検討している。Pantle and Picciano (1976)³⁾ は、TDの時間特性について検討した。その結果、ISIが短い場合(40 ms以下)場合は、両端の要素が中央の要素を飛び越える「エレメント運動」が知覚され、一方、ISIが長い場合はフレーム間でエレメントがまわって移動する「グループ運動」が知覚された。この結果は、ISIが短い条件で働くショートレンジ運動とISIが長い条件で働くロングレンジ運動の相互作用であると説明されてきた^{4,5)}。

これに対し、Scott-Samuel and Hess (2001)⁶⁾ は単一の運動過程のみ、すなわちロングレンジ運動過程のみによって中央エレメントの「静止」情報が伝えられるということを示した。しかしながら、彼らの研究結果の大部分は、フレーム内の空間的群化の影響によっても説明され得る。TDには空間的群化が強く働くことが示されており⁷⁾、Scott-Samuel らの結果はむしろ空間的群化の影響を強く受けたものであると思われる。

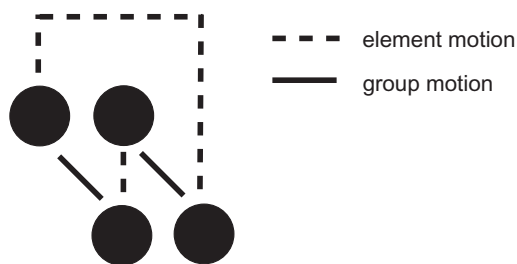


図1 TDにおける2種類の運動知覚。破線はエレメント運動であり、実線はグループ運動である。

過去の研究から考えると、TDにおいては2つの重要な要因が絡んでいると考えられる。一つは空間的群化であり、もう一つは時間的な群化である。空間的群化については様々な検討がなされている一方で時間的群化については未解決の部分が多い。TDにおいては中央エレメントの時間的群化は重要な決定要因であるが、その説明原理は、運動処理が「静止」情報を伝えるという主張⁶⁾や、注意に基づくという主張⁸⁾、視覚的持続による主張⁹⁾など様々なものがあり、いまだはっきりとした共通見解は得られていない。本研究では、中央エレメントの時間的群化は運動処理に基づいているという Scott-Samuel and Hess の主張を支持し、フリッカー、もしくは運動する背景をもつTDを用いてその検討を試みた。背景がフリッカーする条件では、仮現運動の持続時間が長くなることが示されている¹⁰⁾。つまり、背景フリッカーは運動検出を促進しているということが推測される。この点から、中央エレメントの「静止」情報を運動処理がつかさどっているのならば、背景フリッカーが「静止」情報の伝達に抑制的に働くのではないかと考えられる。

2. 実験 1

2.1 方法

2.1.1 被験者

被験者は大学生、大学院生および著者 (TK) の合計 5 名であった。全員が正常な視力 (1.0 以上、矯正視力も含む) を有していた。著者以外の被験者は実験の目的を知らなかった。

2.1.2 刺激

刺激は TD を使用した (図 2)。一つの要素の大きさは視角 0.6° であり、輝度は 5 cd/m^2 であった。要素間の距離は 1° であった。背景のランダムドットは視角 $3.3^\circ \times 3.3^\circ$ の範囲内に 24% の密度で配置され、平均輝度は 32 cd/m^2 であった。刺激の周囲は平均輝度をもった灰色の領域で覆われていた。1 試行には 3 回の TD の往復が含まれていた。一つのフレームは 200 ms であり、1 試行あたりの提示時間は 2.4 s であった。フレーム間には 6 種類の ISI (0, 13.3, 26.6, 39.9, 53.2 お

よび 66.5 ms) の内いずれかが試行ごとに選ばれた。

2 つの背景条件を用いた。一つは静止条件であり 1 試行内では背景は一貫していた。もう一つはフリッカー条件であり、TD の運動と同期して背景のドットの位置がランダムに変化した。その際には前後の背景でその配置に関連が無いように設定した。

2.1.3 手続き

被験者の課題は、提示された TD においてエレメント運動とグループ運動のどちらが知覚されたかをキーを押すことで判断することであった。被験者はディスプレイから 57 cm 離れた位置に座り、あご乗せ台を用い視野を固定した。本試行の前に 50 試行程度の練習試行を行った。その際に被験者の知覚を誘導しないように、1 試行ごとに知覚された運動を口頭で自由に報告させ、エレメント運動・グループ運動に当てはまる知覚を教示した。試行になれると本試行を始めた。それぞれの背景条件および ISI について 20 試行の繰り返しを行った。そのために総試行数は、背景 (2) \times ISI (6) \times 繰り返し (20) の 240 試行であった。

2.1.4 機具

実験刺激は Macintosh G3 上で作成され、提示された。提示用 CRT として Flex Scan T550 (Nanao) を用いた。画面の垂直周波数は 75 Hz であり、13.3 ms ごとに画面が書き換えられた。その際、提示ソフトとして Pixx 1.96 (Concordia Vision Lab) を用いた。このソフトでは CRT の垂

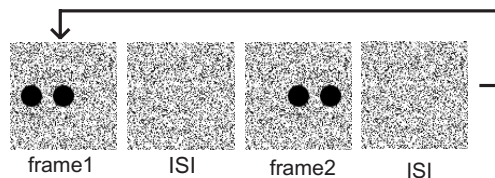


図 2 実験で用いられた刺激例 (静止条件)。静止条件では背景ドットは試行内で一貫していた。フリッカー条件では、TD の運動にあわせて背景ドットの位置が変化した。一致条件では TD の運動と同方向で時間的に同期した運動が付与され、不一致条件では TD の運動と異方向で時間的に同期した運動が付与された。

直周波数に同期させて刺激を提示することが可能であった。

2.2 結果と考察

背景条件ごとにグループ運動が知覚された割合を求め ISI について表したグラフが図3である。背景・ISI について2要因の分散分析を行った結果、背景の主効果およびISIの主効果はいずれも有意であった {背景 [F (1, 4) = 70.845, $p < .0001$], ISI [F (5, 20) = 86.817, $p < .0001$]}. しかしながら、両者の相互作用には有意な効果は観察されなかった ($p > .1$).

これらの結果は、背景フリッカーがTDにおける中央エレメントの時間的群化に影響することを示しており、中央エレメントの「静止」情報は運動処理に基づいて伝えられているという Scott-Samuel and Hess の結果を支持するものである。また、ISI が長い条件においても静止背景に比べ背景フリッカーをもったTDにおいてグループ運動が多く知覚された。これは、フリッカーが仮現運動知覚を促進したことを表しており、先行研究と一致している¹⁰⁾。つまり、中央エレメントについてはフリッカーが運動検出を促進した結果、静止情報を伝える運動処理に抑制的に働き、その他のエレメントについては仮現運動を促進したと考えられる。

では、フリッカーのどのような要因がTDにおける仮現運動を促進したのだろうか？我々はフ

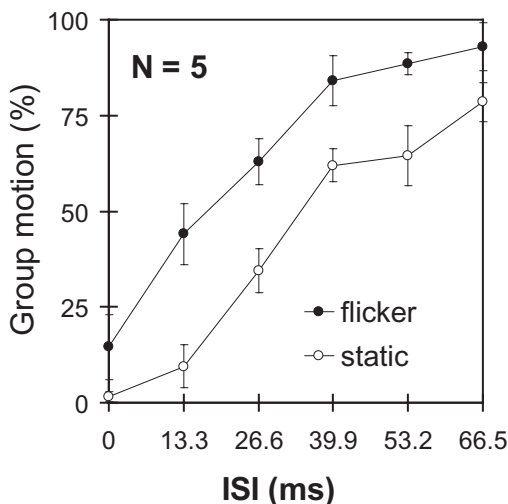


図3 実験1の結果。

リッカー内の運動方向の内、TDにおける仮現運動と一致した運動方向がグループ運動を促進したのではないかと考えた。そこで次の実験では、本実験における2条件に加え、TDの運動方向と一致する条件、および一致しない条件を設けて実験を行った。

3. 実験2

3.1 方法

3.1.1 被験者

実験1に参加した2名(著者TK含む)と新たな3名が実験に参加した。全員が正常な視力(1.0以上、矯正視力も含む)を有していた。著者以外の被験者は実験の目的を知らなかった。

3.1.2 刺激

刺激の組成は以下に述べる点を除いて実験1と同じであった。すなわち、実験1で用いられた2つの背景条件に加え、さらに2種類の背景条件が加わった。一つは一致条件であり、背景運動とTDにおける仮現運動が同方向に同期していた。一方、不一致条件では背景運動とTDにおける仮現運動が逆方向に同期していた。

3.1.3 手続き

手続きは実験1と試行数を除いては同じであった。本実験では実験1に加えさらに2つの背景条件が加わったことから総試行数は、背景(4) × ISI(6) × 繰り返し(20)の480試行

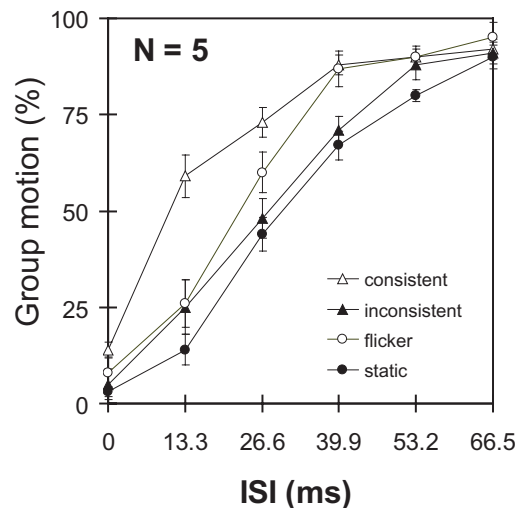


図4 実験2の結果。

であった。

3.1.4 器具

使用した器具はすべて実験1と同じであった。

3.2 結果

背景条件ごとにグループ運動が知覚された割合を求め ISI について表したグラフが図4である。背景・ISI について2要因の分散分析を行った結果、背景の主効果および ISI の主効果は両者とも有意であった {背景 [F (3,12) =27.457, p < .0001], ISI [F (5, 20) = 288.849, p < .0001]}。両者の相互作用についても有意な効果が観察された (p < .0001)。

これらの結果から、TDの仮現運動と一致した背景運動はTDにおけるグループ運動を促進することが明らかとなった。フリッカーにおける仮現運動と一致した運動方向がTDにおける仮現運動を促進したことを示唆するものである。Green (1983)¹¹⁾ は、仮現運動はエレメント内のドリフト運動が仮現運動と同方向の場合は仮現運動が促進され、逆方向の場合は仮現運動が抑制されることを示した。今回の結果は Green の主張に加えて、周辺の運動情報が両義性仮現運動における対応問題の解決に貢献することを示したものである。しかし、今回の実験では逆方向の背景運動は仮現運動を妨げなかった。これは、Greenの刺激ではエレメント内のドリフト運動、本研究の刺激ではエレメント内ではなく背景の仮現運動という刺激の違いが引き起こした結果であると考えられる。しかしながら、エレメントの内外で仮現運動に与える影響が異なることを示した研究はなく、今後の検討を要する。

4. まとめ

本研究では、背景運動がTDにおいて知覚される運動に与える影響について検討した。その結果、背景フリッカーはTDにおける中央エレメントの時間的群化をつかさどる運動処理を抑制し、その結果グループ運動を促進した。さらに、TDにおける仮現運動と一致した方向をもつ背景運動は、フリッカーよりも強いグループ運動促進効果を見せた。これらの結果は、背景運動が時

間的群化を弱めることを表しており、その効果は背景の運動方向に関わらず生じることを示している。また、背景運動と仮現運動の方向が一致した際に相乗作用が見られたことから、フリッカーにおける仮現運動と一致した運動方向が仮現運動を促進したと考えられる。

文献

- 1) S. Ullman: The interpretation of visual motion. MIT press, Cambridge, 1979.
- 2) J. Ternus: The problem of phenomenal identity. *W. D. Ellis (Ed): A sourcebook of Gestalt Psychology*, London, 149-160, 1926.
- 3) A. Pantle and L. Picciano: A multistable movement display: evidence for two separate motion systems in human vision. *Science*, **193**, 500-502, 1976.
- 4) O. Braddick: A short-range process in apparent motion. *Vision Research*, **14**, 519-527, 1974.
- 5) O. J. Braddick and A. Adlard: Apparent motion and the motion detector. *J. Armington, J. Krauskopf and B. R. Wooten*, Visual Psychophysics and Physiology. Academic Press, New York, 1987.
- 6) N. E. Scott-Samuel and R. F. Hess: What does the Ternus display tell us about motion processing in human vision? *Perception*, **30**, 1179-1188.
- 7) P. Kramer and S. Yantis: Perceptual grouping in space and time: Evidence from the Ternus display. *Perception and Psychophysics*, **59**, 87-99, 1997.
- 8) S. Yantis and B. S. Gibson: Object continuity in apparent motion and attention. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, **48**, 182-204, 1994.
- 9) B. G. Breitmeyer and A. Ritter: The role of visual pattern persistence in bistable stroboscopic motion. *Vision Research*, **26**, 1801-1806, 1986.
- 10) D. C. Finlay, M. L. Manning, R. A. Neil and B. Fenelon: Effects of movement in the background field on long-range apparent motion. *Vision Research*, **27**, 9, 1679-1682, 1987.
- 11) M. Green: Inhibition and facilitation of apparent motion by real motion. *Vision Research*, **23**, 861-865, 1983.